

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-223741

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月17日

(51) IntCl.⁸

識別記号

F I

G 0 2 B 6/16
6/22G 0 2 B 6/16
6/22

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-40276

(22) 出願日 平成10年(1998) 2月23日

(31) 優先権主張番号 特願平9-335646

(32) 優先日 平9(1997)12月5日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 畑山 均

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 加藤 考利

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 笹岡 英資

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内

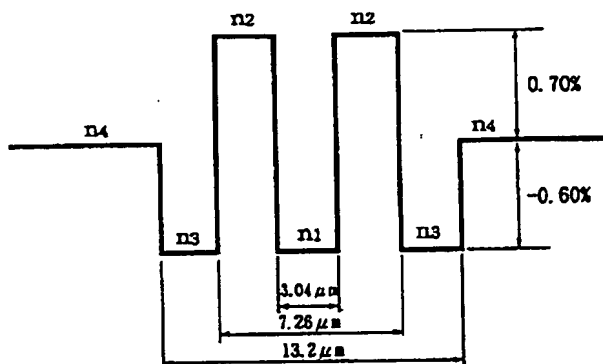
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54) 【発明の名称】 分散フラット光ファイバ

(57) 【要約】

【課題】 光増幅器を用いた時分割多重・波長多重ソリトン伝送に用いるのに好適な分散フラット光ファイバを提供する。

【解決手段】 屈折率 n_1 の中心コア領域の周囲に隣接して屈折率 n_2 の第2コア領域が設けられ、第2コア領域の周囲に隣接して屈折率 n_3 のディプレストクラッド領域が設けられ、ディプレストクラッド領域の周囲に隣接して屈折率 n_4 のクラッド領域が設けられている。波長 1550 nm における波長分散値は 0.17 ps/nm/km であり、波長 1550 nm における実効断面積は $58\text{ }\mu\text{m}^2$ であり、カットオフ波長は $1.153\text{ }\mu\text{m}$ である。また、波長分散スロープは、波長 1530 nm で $0.018\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ であり、波長 1550 nm で $0.007\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ であり、波長 1560 nm で $0.000\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長1550nmにおける波長分散の絶対値が 5 ps/nm/km 以下であり、波長1550nmにおける実効断面積が $50\mu\text{m}^2$ 以上であり、波長1550nmにおける波長分散スロープが $0.02\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下であり、カットオフ波長が $1.0\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする分散フラット光ファイバ。

【請求項2】 前記実効断面積が $70\mu\text{m}^2$ 以上であることを特徴とする請求項1記載の分散フラット光ファイバ。

【請求項3】 中心コア領域の周囲に隣接して第2コア領域が設けられ、前記中心コア領域の屈折率が前記第2コア領域の屈折率より小さいことを特徴とする請求項1記載の分散フラット光ファイバ。

【請求項4】 中心コア領域の周囲に隣接して第2コア領域が設けられ、前記第2コア領域の周囲に隣接して第3コア領域が設けられ、前記中心コア領域および前記第3コア領域それぞれの屈折率が前記第2コア領域の屈折率より大きいことを特徴とする請求項1記載の分散フラット光ファイバ。

【請求項5】 少なくとも2層のクラッド領域が設けられ、最内層のクラッド領域の屈折率が最外層のクラッド領域の屈折率より小さいことを特徴とする請求項1記載の分散フラット光ファイバ。

【請求項6】 波長1550nmにおける実効断面積が $50\mu\text{m}^2$ 以上であり、中心コア領域の周囲に隣接して第2コア領域が設けられ、前記第2コア領域の周囲に隣接して第3コア領域が設けられ、前記第3コア領域の周囲にクラッド領域が設けられ、前記中心コア領域および前記第3コア領域それぞれの屈折率が前記クラッド領域の屈折率より大きく、前記第2コア領域の屈折率が前記クラッド領域の屈折率より小さく、前記クラッド領域に対する前記中心コア領域の比屈折率差が 0.6% 以下であることを特徴とする分散フラット光ファイバ。

【請求項7】 波長1550nmにおける波長分散の絶対値が 5 ps/nm/km 以下であり、波長1550nmにおける波長分散スロープが $0.02\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下であり、カットオフ波長が $1.0\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項6記載の分散フラット光ファイバ。

【請求項8】 少なくとも2層のクラッド領域が設けられ、外層のクラッド領域に対する前記中心コア領域の比屈折率差が 0.6% 以下であることを特徴とする請求項6記載の分散フラット光ファイバ。

【請求項9】 前記クラッド領域に対する前記第3コア領域の比屈折率差が 0.25% 以上であることを特徴とする請求項6記載の分散フラット光ファイバ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光ファイバ網を用

いた通信システムにおいて好適に用いられる分散フラット光ファイバに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 光ファイバ網を用いた通信システムは、長距離かつ大容量の通信が可能なものであり、特に時分割多重伝送・波長多重ソリトン伝送により大容量化が図られている（例えば、N.Edagawa, et al., "Long Distance Soliton WDM transmission using a dispersion-flattened fiber", OFC'97, PD19を参照）。また、この光通信システムは、信号光を送受信する高性能な送受信器、信号光を光増幅する光増幅器および信号光を伝送する光ファイバ等から構成される。これらのうち、高いS/N比を得る為に不可欠である光増幅器において光増幅可能な波長帯域は $1530\text{ nm} \sim 1560\text{ nm}$ であるので、信号光の波長は実質的にこの波長帯域幅 30 nm 内に限られている。

【0003】 しかし、光増幅器を用いて光伝送を行うと、光ファイバ中における信号光の強度が強くなることから、4光波混合や自己位相変調等の非線形光学現象がその光ファイバ中で発生する。このうち四光波混合については、信号光の波長における分散の絶対値を $1\text{ ps/nm/km} \sim 5\text{ ps/nm/km}$ 程度にすれば、その発生を抑制することが可能である。一方、自己位相変調と波長分散との相互作用については、単一波長の信号光のソリトン伝送の場合には問題はないが、波長多重化した場合には以下のような問題がある。すなわち、波長 $1.55\mu\text{m}$ 付近に零分散波長をシフトさせた分散シフト光ファイバが通常 $0.07\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 程度の波長分散スロープを有することから、波長に依って波長分散値が異なり、自己位相変調とのバランスが崩れ、信号光のパルスの崩壊を招くことになる。したがって、波長分散スロープが極めて小さい分散フラット光ファイバが必要とされている。

【0004】 また、光ファイバの非線形屈折率を N_2 とし、実効断面積を A_{eff} とし、信号光のパワーを P とし、光ファイバの実効長を L_{eff} とすると、光ファイバの非線形光学現象発生量は、 $N_2 \cdot P \cdot L_{\text{eff}} / A_{\text{eff}}$ なる式で与えられる。非線形光学現象発生量を増加させることなく信号光パワー P を大きくして高いS/N比を得るためには、実効断面積 A_{eff} が大きいたることが必要とされる。また、単一波長の時分割多重伝送の場合、非線形光学現象の発生を抑制する為には、実効断面積 A_{eff} を大きくするだけでなく、波長分散値の絶対値を 1 ps/nm/km 以下とし、さらに、波長分散スロープを極めて小さくする必要がある。さらに、光ファイバのケーブル化する際の損失増加を抑制するためには曲げ損失が小さいことが要求され、その為には、カットオフ波長は適切な値に設定される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来の

分散フラット光ファイバは、波長分散スロープが小さいものの、実効断面積が $30\mu\text{m}^2 \sim 40\mu\text{m}^2$ 程度しかないので、コア領域における光パワー密度が高く、4光波混合等の非線形光学現象が強く発生し易く、それ故、光増幅器を用いた波長多重光通信システムに使用するには適していない。

【0006】例えば、M. Ohashi, et al., "Dispersion-modified Single-Mode Fiber by VAD Method with Low Dispersion in the $1.5\mu\text{m}$ Wavelength Region", ECOC'88, pp. 455-448なる文献に記載されている分散フラット光ファイバは、中心コア領域にGe元素を添加することによりクラッド領域に対する中心コア領域の比屈折率差を0.87%まで高くし、その周囲の第2コア領域にF元素を添加することによりクラッド領域に対する第2コア領域の比屈折率差を-0.41%まで低くし、さらにその周囲の第3コア領域にGe元素を添加することによりクラッド領域に対する第3コア領域の比屈折率差を0.23%まで高くしたトリブルクラッド型屈折率プロファイルを有するものである。そして、この分散フラット光ファイバは、波長 $1.55\mu\text{m}$ における波長分散スロープの値として $0.023\text{ps/nm}^2/\text{km}$ を得ているものの、実効断面積が $37\mu\text{m}^2$ 程度しかない。

【0007】また、Y. Kubo, et al., "Dispersion Flattened Single-Mode Fiber for 10,000km Transmission System", ECOC'90, pp. 505-508なる文献に記載されている分散フラット光ファイバは、中心コア領域にGe元素を添加することによりクラッド領域に対する中心コア領域の比屈折率差を0.9%まで高くし、その周囲の第2コア領域にF元素を添加することによりクラッド領域に対する第2コア領域の比屈折率差を-0.4%まで低くしたW型屈折率プロファイルを有するものである。そして、この分散フラット光ファイバは、波長 $1.55\mu\text{m}$ における波長分散スロープの値として $0.023\text{ps/nm}^2/\text{km}$ を得ているものの、実効断面積が $30\mu\text{m}^2$ 以下でしかない。

【0008】一方、通常の分散シフト光ファイバは、実効断面積が $50\mu\text{m}^2$ 程度であり比較的大きいが、波長分散スロープが $0.07\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 程度であることから波長分散の影響が大きく、やはり適していない(例えば、Y. Terasawa, et al., "Design Optimization of Dispersion Shifted Fiber with Enlarged Mode Field Diameter for WDM Transmission", IOOC'95, FA2-2を参照)。

【0009】したがって、従来の光ファイバの何れも、光増幅器を用いた時分割多重・波長多重ソリトン伝送に用いるには適していない。

【0010】本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、光増幅器を用いた時分割多重・波長多重ソリトン伝送に用いるのに好適な分散フラット光ファイバを提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明に係る分散フラット光ファイバは、波長 1550nm における波長分散の絶対値が $5\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 以下であり、波長 1550nm における実効断面積が $50\mu\text{m}^2$ 以上であり、波長 1550nm における波長分散スロープが $0.02\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 以下であり、カットオフ波長が $1.0\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする。

【0012】この分散フラット光ファイバは、波長 1550nm における波長分散の絶対値が $5\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 以下であり、また、波長分散スロープが $0.02\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 以下であるので、各信号光間の波長分散値の差異が小さい。また、実効断面積が $50\mu\text{m}^2$ 以上であるので、分散フラット光ファイバ中における信号光のパワー密度が低く抑えられて非線形光学現象の発生は効果的に抑制され、高いS/N比で伝送が可能である。さらに、この分散フラット光ファイバは優れた曲げ特性を有する。

【0013】また、本発明に係る分散フラット光ファイバは、実効断面積が $70\mu\text{m}^2$ 以上であることを特徴とする。この場合には、分散フラット光ファイバ中における信号光のパワー密度が更に低く抑えられて非線形光学現象の発生が更に抑制される。

【0014】また、本発明に係る分散フラット光ファイバは、(1) 中心コア領域の周囲に隣接して第2コア領域が設けられ、中心コア領域の屈折率が第2コア領域の屈折率より小さいものであってもよいし、(2) 中心コア領域の周囲に隣接して第2コア領域が設けられ、第2コア領域の周囲に隣接して第3コア領域が設けられ、中心コア領域および第3コア領域それぞれの屈折率が第2コア領域の屈折率より大きいものであってもよいし、(3) 少なくとも2層のクラッド領域が設けられ、最内層のクラッド領域の屈折率が最外層のクラッド領域の屈折率より小さいものであってもよい。何れの場合にも、上記特性を有する分散フラット光ファイバを実現するのに好適である。

【0015】また、本発明に係る分散フラット光ファイバは、波長 1550nm における実効断面積が $50\mu\text{m}^2$ 以上であり、中心コア領域の周囲に隣接して第2コア領域が設けられ、第2コア領域の周囲に隣接して第3コア領域が設けられ、第3コア領域の周囲にクラッド領域が設けられ、中心コア領域および第3コア領域それぞれの屈折率がクラッド領域の屈折率より大きく、第2コア領域の屈折率がクラッド領域の屈折率より小さく、クラッド領域に対する中心コア領域の比屈折率差が0.6%以下であることを特徴とする。さらに、波長 1550nm における波長分散の絶対値が $5\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 以下であり、波長 1550nm における波長分散スロープが $0.02\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 以下であり、カットオフ波長が $1.0\mu\text{m}$ 以上であるのが更に好適である。さら

に、少なくとも2層のクラッド領域が設けられ、外層のクラッド領域に対する中心コア領域の比屈折率差が0.6%以下であるのも更に好適である。さらに、クラッド領域に対する第3コア領域の比屈折率差が0.25%以上であるのも更に好適である。

【0016】この分散フラット光ファイバは、実効断面積が $50\mu\text{m}^2$ 以上であるので、分散フラット光ファイバ中における信号光のパワー密度が低く抑えられて非線形光学現象の発生は効果的に抑制され、高いS/N比で伝送が可能である。また、波長 1550nm における波長分散の絶対値が $5\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 以下であり、波長分散スロープが $0.02\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ 以下であれば、各信号光間の波長分散値の差異が小さい。さらに、この分散フラット光ファイバは優れた曲げ特性を有する。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。尚、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0018】本発明に係る分散フラット光ファイバは、波長 1550nm における波長分散の絶対値が $5\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 以下であり、波長 1550nm における実効断面積が $50\mu\text{m}^2$ 以上であり、波長分散スロープが $0.02\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ 以下であり、カットオフ波長が $1.0\mu\text{m}$ 以上である。

【0019】この分散フラット光ファイバは、波長 1550nm における波長分散の絶対値が $5\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 以下であり、また、波長分散スロープが $0.02\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ 以下であるので、各信号光間の波長分散値の差異が小さい。また、実効断面積が $50\mu\text{m}^2$ 以上であるので、分散フラット光ファイバ中における信号光のパワー密度が低く抑えられて非線形光学現象の発生は効果的に抑制され、高いS/N比で伝送が可能である。さらに、カットオフ波長が $1.0\mu\text{m}$ 以上であるので、この分散フラット光ファイバは優れた曲げ特性を有する。したがって、この分散フラット光ファイバは、光増幅器を用いた時分割多重・波長多重ソリトン伝送に用いるのに好適である。

【0020】本発明に係る分散フラット光ファイバは、実効断面積が $70\mu\text{m}^2$ 以上であるのが更に好適である。この場合、分散フラット光ファイバ中における信号光のパワー密度が更に低く抑えられて非線形光学現象の発生が更に抑制され、更に高性能な信号光の伝送が可能である。

【0021】以下に4つの実施例について説明する。第1および第2の実施例に係る分散フラット光ファイバそれぞれは、ディプレストクラッド領域を有するリングコア型の屈折率プロファイルを有するものである。第3の実施例に係る分散フラット光ファイバは、ディプレスト

クラッド領域を有するセグメントコア型の屈折率プロファイルを有するものである。また、第4の実施例に係る分散フラット光ファイバは、トリプルクラッド型の屈折率プロファイルを有するものである。

【0022】先ず、第1の実施例について説明する。図1は、第1の実施例に係る分散フラット光ファイバの屈折率プロファイル図である。この分散フラット光ファイバは、ディプレストクラッド領域を有するリングコア型の屈折率プロファイルを有するものであり、屈折率 n_1 の中心コア領域の周囲に隣接して屈折率 n_2 の第2コア領域が設けられ、その第2コア領域の周囲に隣接して屈折率 n_3 のディプレストクラッド領域が設けられ、そのディプレストクラッド領域の周囲に隣接して屈折率 n_4 のクラッド領域が設けられている。中心コア領域の外径は $3.04\mu\text{m}$ であり、第2コア領域の外径は $7.26\mu\text{m}$ であり、ディプレストクラッド領域の外径は $13.2\mu\text{m}$ であり、クラッド領域の外径は $125\mu\text{m}$ である。各屈折率の大小関係は、 $n_1 = n_3 < n_4 < n_2$ である。また、クラッド領域の屈折率 n_4 を基準として、中心コア領域の比屈折率差は -0.60% であり、第2コア領域の比屈折率差は $+7.0\%$ であり、ディプレストクラッド領域の比屈折率差は -0.60% である。

【0023】この第1の実施例に係る分散フラット光ファイバの諸特性を測定した結果は以下のとおりである。図2は、第1の実施例に係る分散フラット光ファイバの分散特性を示すグラフである。波長 1550nm における波長分散値は $0.17\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ であり、波長 1550nm における実効断面積は $58\mu\text{m}^2$ であり、カットオフ波長は $1.153\mu\text{m}$ であった。また、波長分散スロープは、波長 1530nm で $0.018\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ であり、波長 1550nm で $0.007\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ であり、波長 1560nm で $0.000\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ であった。

【0024】次に、第2の実施例について説明する。図3は、第2の実施例に係る分散フラット光ファイバの屈折率プロファイル図である。この分散フラット光ファイバは、ディプレストクラッド領域を有するリングコア型の屈折率プロファイルを有するものであり、屈折率 n_1 の中心コア領域の周囲に隣接して屈折率 n_2 の第2コア領域が設けられ、その第2コア領域の周囲に隣接して屈折率 n_3 のディプレストクラッド領域が設けられ、そのディプレストクラッド領域の周囲に隣接して屈折率 n_4 のクラッド領域が設けられている。中心コア領域の外径は $3.75\mu\text{m}$ であり、第2コア領域の外径は $8.25\mu\text{m}$ であり、ディプレストクラッド領域の外径は $15.0\mu\text{m}$ であり、クラッド領域の外径は $125\mu\text{m}$ である。各屈折率の大小関係は、 $n_1 = n_3 < n_4 < n_2$ である。また、クラッド領域の屈折率 n_4 を基準として、中心コア領域の比屈折率差は -0.60% であり、第2コア領域の比屈折率差は $+6.3\%$ であり、ディプレスト

トクラッド領域の比屈折率差は -0.60% である。

【0025】この第2の実施例に係る分散フラット光ファイバの諸特性を測定した結果は以下のとおりである。

図4は、第2の実施例に係る分散フラット光ファイバの分散特性を示すグラフである。波長 1550nm における波長分散値は 0.12ps/nm/km であり、波長 1550nm における実効断面積は $72\mu\text{m}^2$ であり、カットオフ波長は $1.187\mu\text{m}$ であった。また、波長分散スロープは、波長 1530nm で $0.0096\text{ps/nm}^2/\text{km}$ であり、波長 1550nm で $-0.0120\text{ps/nm}^2/\text{km}$ であり、波長 1560nm で $-0.0265\text{ps/nm}^2/\text{km}$ であった。

【0026】次に、第3の実施例について説明する。図5は、第3の実施例に係る分散フラット光ファイバの屈折率プロファイル図である。この分散フラット光ファイバは、ディプレストクラッド領域を有するセグメントコア型の屈折率プロファイルを有するものであり、屈折率 n_1 の中心コア領域の周囲に隣接して屈折率 n_2 の第2コア領域が設けられ、その第2コア領域の周囲に隣接して屈折率 n_3 の第3コア領域が設けられ、その第3コア領域の周囲に隣接して屈折率 n_4 のディプレストクラッド領域が設けられ、そのディプレストクラッド領域の周囲に隣接して屈折率 n_5 のクラッド領域が設けられている。中心コア領域の外径は $5.8\mu\text{m}$ であり、第2コア領域の外径は $16.2\mu\text{m}$ であり、第3コア領域の外径は $23.2\mu\text{m}$ であり、ディプレストクラッド領域の外径は $46.4\mu\text{m}$ であり、クラッド領域の外径は $125\mu\text{m}$ である。各屈折率の大小関係は、 $n_4 < n_2 < n_5 < n_3 < n_1$ である。また、クラッド領域の屈折率 n_5 を基準として、中心コア領域の比屈折率差は $+0.58\%$ であり、第2コア領域の比屈折率差は -0.10% であり、第3コア領域の比屈折率差は $+0.40\%$ であり、ディプレストクラッド領域の比屈折率差は -0.27% である。

【0027】この第3の実施例に係る分散フラット光ファイバの諸特性を測定した結果は以下のとおりである。図6は、第3の実施例に係る分散フラット光ファイバの分散特性を示すグラフである。波長 1550nm における波長分散値は -2.2ps/nm/km であり、波長 1550nm における実効断面積は $50\mu\text{m}^2$ であり、カットオフ波長は $1.920\mu\text{m}$ であった。また、波長分散スロープは、波長 1530nm で $0.0129\text{ps/nm}^2/\text{km}$ であり、波長 1550nm で $0.0172\text{ps/nm}^2/\text{km}$ であり、波長 1560nm で $0.0198\text{ps/nm}^2/\text{km}$ であった。

【0028】次に、第4の実施例について説明する。図7は、第4の実施例に係る分散フラット光ファイバの屈折率プロファイル図である。この分散フラット光ファイバは、トリプルクラッド型の屈折率プロファイルを有するものであり、屈折率 n_1 の中心コア領域の周囲に隣接

して屈折率 n_2 の第2コア領域が設けられ、その第2コア領域の周囲に隣接して屈折率 n_3 の第3コア領域が設けられ、その第3コア領域の周囲に隣接して屈折率 n_4 のクラッド領域が設けられている。中心コア領域の外径 $2a$ は $7.3\mu\text{m}$ であり、第2コア領域の外径 $2b$ は $15.0\mu\text{m}$ であり、第3コア領域の外径 $2c$ は $22.0\mu\text{m}$ であり、クラッド領域の外径は $125\mu\text{m}$ である。各屈折率の大小関係は、 $n_2 < n_4 < n_3 < n_1$ であり、また、クラッド領域の屈折率 n_4 を基準として、中心コア領域の比屈折率差 Δn_1 は $+0.58\%$ であり、第2コア領域の比屈折率差 Δn_2 は -0.18% であり、第3コア領域の比屈折率差 Δn_3 は $+0.27\%$ である。

【0029】この第4の実施例に係る分散フラット光ファイバの諸特性を測定した結果は以下のとおりである。図8は、第4の実施例に係る分散フラット光ファイバの分散特性を示すグラフである。波長 1550nm における波長分散値は -0.37ps/nm/km であり、波長 1550nm におけるモードフィールド径は $8.2\mu\text{m}$ であり、波長 1550nm における実効断面積は $52.8\mu\text{m}^2$ であり、カットオフ波長は $1.713\mu\text{m}$ であった。また、波長分散スロープは、波長 1530nm で $0.0005\text{ps/nm}^2/\text{km}$ であり、波長 1550nm で $0.0005\text{ps/nm}^2/\text{km}$ であり、波長 1560nm で $0.0010\text{ps/nm}^2/\text{km}$ であった。径 $20\text{mm}\phi$ での曲げ損失は 3.2dB/m であった。

【0030】なお、図7に示すように中心コア領域の屈折率 n_1 および第3コア領域の屈折率 n_3 それぞれがクラッド領域の屈折率 n_4 より大きく、第2コア領域の屈折率 n_2 がクラッド領域の屈折率 n_4 より小さい屈折率プロファイルを有し、クラッド領域に対する中心コア領域の比屈折率差 Δn_1 が 0.6% 以下であれば、実効断面積が $50\mu\text{m}^2$ 以上である分散フラット光ファイバを実現するのに好適である。さらに、クラッド領域に対する第3コア領域の比屈折率差 Δn_3 が 0.25% 以上であれば、実効断面積が $50\mu\text{m}^2$ 以上である分散フラット光ファイバを実現するのに更に好適である。

【0031】図9は、以上に説明した第1～第4の実施例に係る分散フラット光ファイバそれぞれの諸特性をまとめた図表である。これら各実施例に係る分散フラット光ファイバは何れも、波長 1550nm における波長分散の絶対値が 5ps/nm/km 以下であり、波長 1550nm における実効断面積が $50\mu\text{m}^2$ 以上であり、波長分散スロープが $0.02\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 以下であり、カットオフ波長が $1.0\mu\text{m}$ 以上である。

【0032】何れの分散フラット光ファイバも、波長分散スロープが極めて小さく波長分散特性は平坦であり、また、実効断面積が $50\mu\text{m}^2$ 以上であり大きいので、分散フラット光ファイバ中における信号光のパワー密度

が低く抑えられて非線形光学現象の発生は効果的に抑制され、高い S/N 比で伝送が可能である。さらに、カットオフ波長が $1.0\mu\text{m}$ 以上であるので、この分散フラット光ファイバは優れた曲げ特性を有する。したがって、これらの分散フラット光ファイバは、光増幅器を用いた時分割多重・波長多重ソリトン伝送に用いるのに好適である。特に、第2の実施例に係る分散フラット光ファイバは、実効断面積が $70\mu\text{m}^2$ 以上であるので、分散フラット光ファイバ中における信号光のパワー密度が更に低く抑えられて非線形光学現象の発生が更に抑制される。また、何れの分散フラット光ファイバも優れた曲げ特性を有する。なお、第3の実施例に係る分散フラット光ファイバは、カットオフ波長が信号光波長よりも長い。しかし、実際の信号光の伝送距離が数百 km ～数千 km であることを考慮すると、高次モードは減衰するので、何等支障はない。

【0033】本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく種々の変形が可能である。例えば、第1～第4の実施例で示した屈折率プロファイルは例示であって、本発明に係る分散フラット光ファイバを実現するための屈折率プロファイルは他にも種々の態様のものが有り得る。

【0034】

【発明の効果】以上、詳細に説明したとおり、本発明に係る分散フラット光ファイバは、波長 1550nm における波長分散の絶対値が $5\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 以下であり、また、波長分散スロープが $0.02\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ 以下であるので、各信号光間の波長分散値の差異が小さい。また、実効断面積が $50\mu\text{m}^2$ 以上であるので、分散フラット光ファイバ中における信号光のパワー密度が低く抑えられて非線形光学現象の発生は効果的に

抑制され、高い S/N 比で伝送が可能である。さらに、カットオフ波長が $1.0\mu\text{m}$ 以上であるので、この分散フラット光ファイバは優れた曲げ特性を有する。したがって、この分散フラット光ファイバは、光増幅器を用いた時分割多重・波長多重ソリトン伝送に好適に用いられる。

【0035】また、実効断面積が $70\mu\text{m}^2$ 以上である場合には、分散フラット光ファイバ中における信号光のパワー密度が更に低く抑えられて非線形光学現象の発生が更に抑制されるので、この分散フラット光ファイバは、光増幅器を用いた時分割多重・波長多重ソリトン伝送に更に好適に用いられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施例に係る分散フラット光ファイバの屈折率プロファイル図である。

【図2】第1の実施例に係る分散フラット光ファイバの分散特性を示すグラフである。

【図3】第2の実施例に係る分散フラット光ファイバの屈折率プロファイル図である。

【図4】第2の実施例に係る分散フラット光ファイバの分散特性を示すグラフである。

【図5】第3の実施例に係る分散フラット光ファイバの屈折率プロファイル図である。

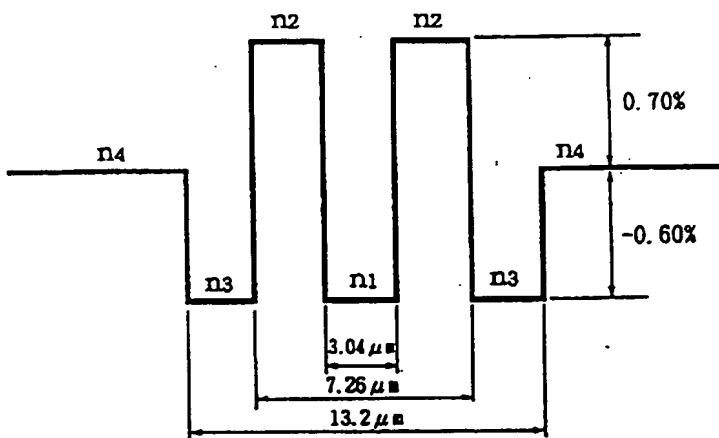
【図6】第3の実施例に係る分散フラット光ファイバの分散特性を示すグラフである。

【図7】第4の実施例に係る分散フラット光ファイバの屈折率プロファイル図である。

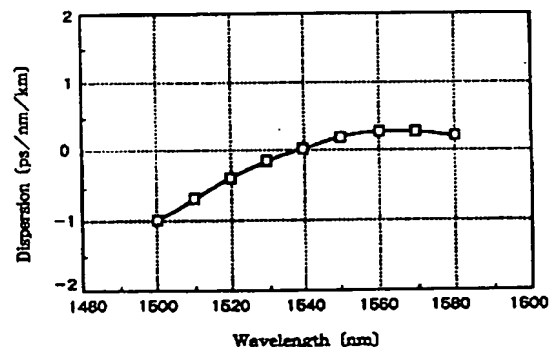
【図8】第4の実施例に係る分散フラット光ファイバの分散特性を示すグラフである。

【図9】第1～第4の実施例に係る分散フラット光ファイバそれぞれの諸特性をまとめた図表である。

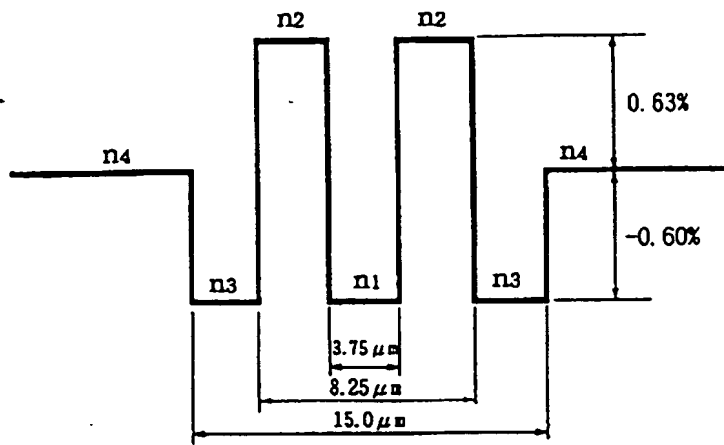
【図1】



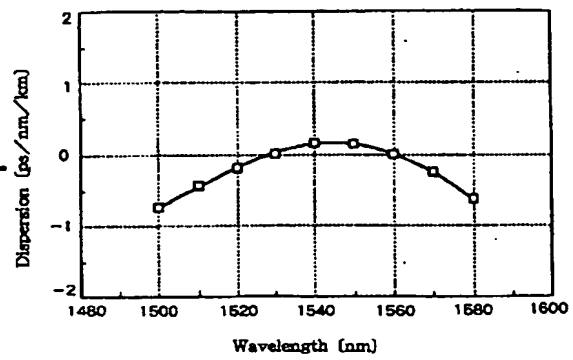
【図2】



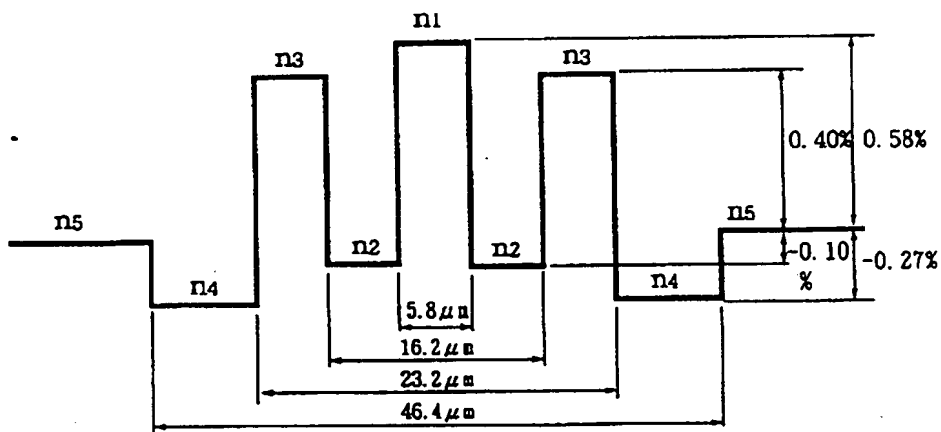
【図 3】



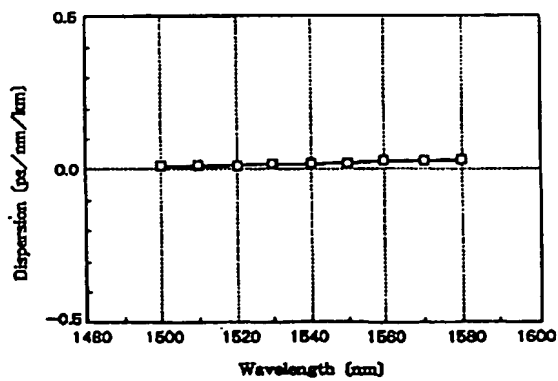
【図 4】



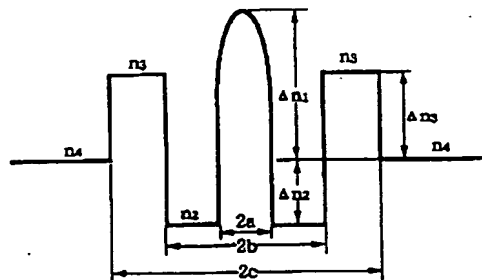
【図 5】



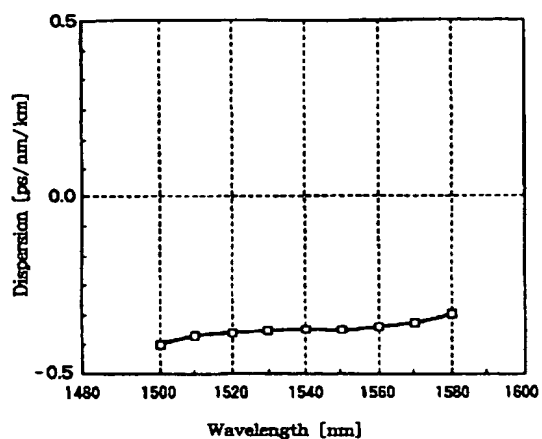
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【図 9】

	第 1 実施例 (図 1)	第 2 実施例 (図 3)	第 3 実施例 (図 5)	第 4 実施例 (図 7)
波長分散 (ps/nm/km)	0.17	0.12	-2.2	-0.37
実効断面積 (μm^2)	58	72	50	52.8
波長分散スロープ (ps/nm ² /km)				
@ 1530 nm	0.018	0.0095	0.0129	0.0005
@ 1550 nm	0.007	-0.0120	0.0172	0.0005
@ 1560 nm	0.000	-0.0265	0.0198	0.0010
カットオフ波長 (μm)	1.153	1.187	1.920	1.713